ОХРАНА ТРУДА



Научная статья
УДК 331.453: 69.05
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-9-17



Разработка методики оценки профессиональных рисков в строительстве

А. М. Пузырев , Л. В. Козырева
Тверской государственный технический университет (Тверь, Российская Федерация)

Введение. Строительное производство является одной из наиболее травмоопасных отраслей экономики. Это связано с большим количеством действующих производственных факторов, которые носят постоянный характер или присутствуют потенциально, чем усугубляют высокий уровень профессиональных рисков. В статье обосновывается необходимость разработки методического руководства по организации и выполнению работ в области охраны труда на строительных площадках и при практической организационной деятельности строительных предприятий.

Постановка задачи. Задачей данного исследования является разработка методики оценки профессиональных рисков для строительных предприятий.

Теоретическая часть. В работе проанализированы опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают воздействие на работников строительных организаций. Сделан акцент на практическом обеспечении охраны труда в строительстве. При этом особое внимание уделено выявлению профессиональных рисков, их оценке и управлению ими. Предложено при общей оценке профессионального риска на рабочих местах учитывать статистические данные по травматизму в строительстве, содержание проекта организации строительства, проектов производства работ и технологических карт на проводимые работы.

Выводы. Авторами предложена эффективная методика оценки профессиональных рисков, разработанная с учетом специфики строительного производства.

Ключевые слова: охрана труда, оценка профессионального риска, строительство, проект организации строительства, проект производства работ, технологическая карта.

Для цитирования: Пузырев, А. М. Разработка методики оценки профессиональных рисков в строительстве / А. М. Пузырев, Л. В. Козырева // Безопасность техногенных и природных систем. — 2022. — № 1. — С. 9–17. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-9-17



Original article

Development of a methodology for assessing professional risks in construction

A. M. Puzyrev , L. V. Kozyreva
Tver State Technical University (Tver, Russian Federation)

Introduction. Construction is one of the most injury-causing industries. It is connected with a large amount of operating production factors, that are constant or present potentially, which aggravate the high level of professional risks. The need to develop a methodology on the organization and performance of work in the field of labor protection in case of installation and construction works on building sites is proved in the article and by practical organizational activities of the construction entities.

Problem Statement. The objective of this study is to develop a methodology for assessing occupational risks for construction companies.

Theoretical Part. The paper analyzes dangerous and harmful production factors that affect workers of construction organizations. The emphasis is placed on practical provision of labor protection in construction. At the same time, special attention is paid to the identification of occupational risks, their assessment and management. It is proposed to take into account statistical data on injuries in construction, the content of the construction organization project, work production projects and technological maps for the work carried out in the general assessment of occupational risk in the workplace.
Conclusions. The authors propose an effective methodology for assessing occupational risks, taking into account the specifics of construction production.

Keywords: labor protection, professional risk assessment, construction, construction organization project, project of work production, flow chart.

For citation: Puzyrev A. M., Kozyreva L. V. Development of a methodology for assessing professional risks in construction. Safety of Technogenic and Natural Systems. 2022;1:9−17. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-9-17

Введение. С 2011 года в Трудовом кодексе Российской Федерации фигурируют понятия «профессиональный риск» и «управление профессиональными рисками». В Примерном положении о системе управления охраной труда, утвержденном приказом Минтруда России от 27 октября 2021 г. № 776н (Положение о СУОТ №776н), указано, что обязанности по организации процедуры управления профессиональными рисками возлагаются на работодателя, который, исходя из специфики своей деятельности, самостоятельно устанавливает порядок выявления опасностей, оценки и снижения уровня профессиональных рисков [1, 2].

При правильной оценке профессиональных рисков появляется возможность учитывать все опасные события, документировать результаты их оценки, анализировать состояние производственной среды и охраны труда (ОТ) на объектах экономики страны, в т.ч. проверять эффективность принятых мер безопасности и осуществлять систематический мониторинг мероприятий по охране труда, их контроль и планирование [3, 4].

В Российской Федерации многие предприятия и организации приступили к работе по расчету профессиональных рисков в рамках процедуры управления профессиональными рисками. Однако в строительстве оценка рисков не всегда осуществляется на требуемом высоком уровне, часто сводится к слепому копированию рекомендаций, изложенных в Положении о СУОТ №776н, и в практической деятельности результаты оценки риска не используются [2, 5].

Несмотря на вступление в силу с 01 марта 2022 года Приказа Минтруда России № 796 «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков», единой методики проведения оценки профессиональных рисков в Российской Федерации не существует, что вносит дополнительные сложности в реализацию процедуры [6]. Для строительного производства, относящегося к числу наиболее травмоопасных видов деятельности, такая ситуация неприемлема. Нужна простая и понятная, а главное, полезная и эффективная методика определения профессиональных рисков, применение которой даст возможность осуществлять анализ и расчеты для каждого конкретного строительного объекта и на каждом отдельном этапе строительства с привлечением к вопросам охраны труда непосредственных руководителей и участников строительства (линейных инженерно-технических работников, бригадиров и т.п.).

Постановка задачи. Показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в строительстве по-прежнему остаются на высоком уровне. По данным статистики, в мире каждый 6-й смертельный случай на производстве происходит при выполнении строительных работ. Более 40 % работников строительной отрасли заняты на работах с вредными и(или) опасными условиями труда (отнесены к 3 и 4 классу), что является одной из основных причин высокого уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости работников строительных предприятий [7, 8].

Эффективное управление охраной труда невозможно без оценки профессиональных рисков. Однако строительное производство и деятельность строительных организаций имеет определенную специфику, связанную с разнообразием объектов строительства, технологий возведения зданий и сооружений, наличием нескольких циклов (этапов) строительства, одновременным участием в работах нескольких строительных

организаций на одном строительном объекте и др. Это необходимо учитывать при разработке системы управления охраной труда [5].

Задачей данного исследования является разработка эффективной методики оценки профессиональных рисков, пригодной для практического применения в системе управления профессиональными рисками строительного производства.

Теоретическая часть. Уровень производственного травматизма в Российской Федерации, даже с учетом официальной тенденции к снижению, остается высоким. На долю строительства приходится в среднем 17,5 % травм от общего производственного травматизма в стране. Причины травматизма и несчастных случаев разнообразны и определяются спецификой производства (рис. 1) [9].



Рис. 1. Процентное соотношение причин травматизма и несчастных случаев в строительстве (составлено по статистическим данным за 2010–2020 годы)

В настоящее время для защиты жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности реализуется переход на новую модель управления охраной труда на основе оценки профессиональных рисков.

В Российской Федерации работодателям, в т. ч. строительной индустрии, предлагается проводить оценку профессиональных рисков с применением рекомендательных документов [6, 10–13].

Важно подчеркнуть, что предлагаемые в перечисленных документах методики достаточно сложны и предназначены к применению на постоянных, сложившихся производствах, технологических участках с устоявшейся организацией работы, контроля и профилактики нарушений. При этом в большинстве случаев для определения профессиональных рисков предприятия и организации пользуются услугами специализированных центров охраны труда, которые, применяя различные методики, предоставляют заказчику документацию, составленную таким образом, что она понятна только узкому кругу экспертов и специалистов по охране труда. Поэтому возможность ее практического использования непосредственно на производственных участках

невелика. Применительно к строительным объектам эти обобщенные расчеты, как правило, оседают в кабинетах специалистов по охране труда и предъявляются только должностным лицам государственной инспекции труда при проведении проверок и при расследовании тяжелых и смертельных несчастных случаев. При этом непосредственные руководители строительного производства вопросами управления профессиональными рисками практически не владеют. Таким образом, эффективность этой важнейшей процедуры остается весьма низкой.

В общем виде алгоритм оценки техногенного риска представлен на рис. 2.

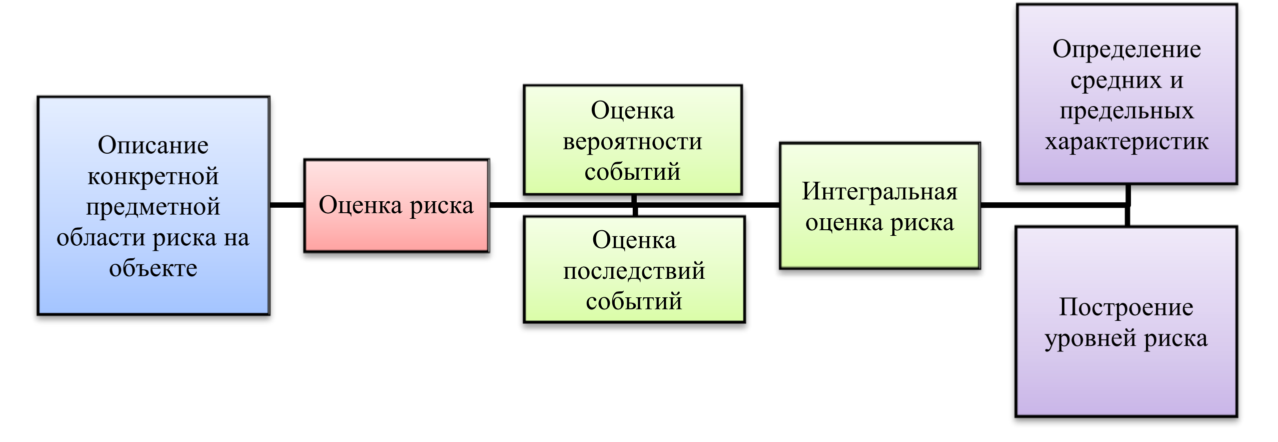


Рис. 2. Общая схема оценки риска

Методы оценки рисков, как правило, разделяются на две группы: косвенные и прямые методы.

Прямые методы используют статистическую информацию по выбранным показателям рисков или соответствующие показатели ущерба и вероятности их наступления, в т.ч. количество несчастных случаев при падении с высоты, поражении электрическим током и т.д. Однако в большинстве случаев предприятия и организации не располагают достаточно обширными статистическими данными, а статистика в рамках одного предприятия не всегда объективна и приемлема.

При оценке рисков с применением косвенных методов вводятся характеристики возможных флуктуаций индикационных параметров, которые имеют причинно-следственную связь с рисками (результаты практической работы, проверок и аудита).

К факторам риска несчастных случаев на производстве можно отнести: наличие опасных и вредных производственных факторов в рабочей зоне, физическое присутствие работника в опасной зоне, отсутствие или неудовлетворительное состояние средств индивидуальной и коллективной защиты и другие. Для строительных предприятий данный перечень факторов можно конкретизировать и значительно расширить и включить в него следующие позиции: качество организационно-технологической документации, выполнение земляных работ (глубина, техническое оснащение), возведение зданий и сооружений (этажность, технологии производства работ), средства подмащивания, грузоподъемную технику и т.п. [14–16].

Выбор прямого или косвенного метода зависит от имеющегося объема статистической информации и особенностей решаемых задач. Для относительно небольшой строительной организации предпочтительнее косвенные методы выявления опасностей и оценки рисков.

Предлагаемая авторами методика основана на расчете профессиональных рисков в строительной организации при анализе проектов организации строительства (ПОС), проектов производства работ (ППР) и технологических карт (ТК), которые разрабатываются на каждый конкретный объект строительства здания или сооружения. Этот выбор определен тем, что для целенаправленной и эффективной оценки профессиональных рисков на рабочих местах строителей необходимо знать, по какой технологии и какими методами будут осуществляться строительно-монтажные работы на данном объекте, какие грузоподъемные краны, приспособления и конструкции будут использоваться, последовательность монтажа и выполнения специальных работ и т.д., информация о которых в полном объеме представлена в технологической документации ПОС, ППР и ТК.

Практика показывает, что большинство строительных организаций не имеет в штате специализированных групп (отделов) по разработке ПОС, ППР и ТК. Эта работа выполняется по договорам специализированными проектными организациями, имеющими аттестованных специалистов, разрешения саморегулируемой организации на право осуществления определенного вида деятельности в сфере

строительства и лицензии Ростехнадзора. Поэтому при качественном анализе ПОС, ППР и ТК есть возможность идентифицировать основные опасности жизни и здоровью работников, составить их перечень на каждый цикл строительного производства, а также практически на все технологические операции, предусмотренные технологической документацией.

Расчет риска в общем виде может быть осуществлен по формуле:

$$R = V \times S,$$

где R — расчетный риск; V — вероятность наступления опасного события; S — значимость опасного события (тяжесть повреждения здоровья, сумма ущерба и т.п.) [4, 13].

При расчете риска можно ввести 10-бальную шкалу для вероятности наступления опасного события V (интервал изменений 0,01–1,00), значимость опасного события S выражать в баллах от 1 до 10 (таблицы 1, 2).

Таблица 1

Характеристика опасных событий по вероятности

Смысловое выражение вероятности	**Характеристика опасных событий, происходящих с данной степенью вероятности**	**Вероятность наступления опасного события**
Невероятно	Опасное событие может произойти только теоретически	0,01–0,19
Маловероятно	Опасное событие может возникнуть в исключительных случаях при стечении обстоятельств	0,20–0,39
Возможно	В нормальных условиях опасное событие не возникает, но при отклонениях в работе может произойти	0,40–0,59
Достоверно	Опасное событие может произойти даже при незначительных отклонениях в работе	0,60–0,89
Неизбежно	Опасное событие может произойти даже при отсутствии отклонений в работе	0,90–1,00

Таблица 2

Характеристика опасных событий по значимости

Последствия (смысловая характеристика значимости)	**Примеры последствий (по видам опасных событий)**		**Значимость опасного события, балл**
	Травмы	**Заболевания**	
Нет последствий	Легкий ушиб, царапина	Неприятные ощущения	0,0–1,9
Незначительные последствия	Микротравма, синяк, ссадина. Нет потери трудоспособности	Раздражение слизистых оболочек глаз, носа, гортани. Общее недомогание	2,0–3,9
Ощутимые последствия	Травма с выдачей больничного листа (учетная)	Обострение хронических заболеваний	4,0–5,9
Значительные последствия	Смертельный несчастный случай, тяжелые и групповые несчастные случаи	Профессиональное заболевание	6,0–8,9
Катастрофические последствия	Групповой несчастный случай со смертельным исходом	Острое групповое заболевание	9,0–10,0

Для определения уровня профессионального риска может быть применен метод экспертной оценки на основе имеющегося опыта работы и анализа опасных событий, происходивших на данном предприятии или в других организациях с аналогичным профилем производственной деятельности.

В таблице 3 представлены значения уровня риска в зависимости от класса условий труда по степени вредности и опасности.

Таблица 3

Значение уровня риска в зависимости от класса условий труда

Класс условий труда	1	2	2.1	3.1	3.2	3.3	3.4	4.0	4.0
Значение риска, балл	1	2	3	4	5	6	7	9	10
Уровень риска	*R1*	*R2*	*R2*	*R3*	*R3*	*R4*	*R4*	*R5*	*R5*

Риск признается допустимым, если его значение попадает в диапазон от 0 до 5,9 балла (*R1–R3*). При значениях от 6-ти баллов и выше (*R4, R5)* риск переходит в категорию недопустимого, требующего управленческих решений.

Таким образом, алгоритм оценки профессионального риска по предлагаемой методике сводится к следующей последовательности действий:

1. Разработка и анализ ПОС, ППР и ТК объекта, включающие в себя все этапы (циклы) строительства — от подготовки строительной площадки до отделочных (финишных) работ.

2. Составление реестра основных опасностей, наиболее вероятных при производстве конкретных работ и для каждого рабочего места, на каждый цикл строительно-монтажных работ на объекте, представленный в ПОС, ППР и ТК.

3. Оценка риска выявленных опасных событий.

4. Оформление карты оценки рисков на каждый этап (цикл) строительства.

В качестве примера применения предлагаемой методики рассмотрим оценку профессиональных рисков при осуществлении монтажных и бетонных работ на объекте строительства жилого дома по технологии монолитного домостроения с использованием выдвижной металлической опалубки.

В данном случае технологический процесс осуществляет, как правило, комплексная бригада, состоящая из арматурщиков, бетонщиков, монтажников, электросварщиков, стропальщиков. Все члены бригады взаимозаменяемы и могут выполнять различные виды работ, предусмотренные данной технологией, прошли обучение и инструктажи по ОТ по всем видам производимых работ.

На первом этапе, используя ПОС, ППР и ТК объекта, составляется реестр опасностей для работников комплексной бригады в зависимости от видов работ на данном цикле строительства.

Перечень основных видов работ:

1. Монтаж, установка выкатных инвентарных подмостей и сборной металлической опалубки при помощи башенного крана.

2. Установка и сварка арматуры и арматурных сеток.

3. Бетонные работы (приемка бетона в емкости, заливка бетона, виброуплотнение).

4. Распалубка монтажной опалубки и оснастки, снятие выкатных подмостей.

5. Уборка рабочих мест, перемещение по этажам строящегося здания.

Реестр опасностей, наиболее вероятных при выполнении основных видов работ:

1. Работы на высоте при отсутствии ограждений (падение с высоты).

2. Воздействие движущихся конструкций, металлической опалубки, съемных грузозахватных приспособлений, тары и др.

3. Опасность падения грузов, предметов.

4. Воздействие электрического тока при эксплуатации электросварочного и ручного электроинструмента.

5. Опасность пользования инструментом и монтажными приспособлениями.

6. Отсутствие ограждений проемов и лестничных маршей, площадок.

7. Неудовлетворительные погодные условия (снег, дождь, порывы ветра, пониженная и повышенная температура и др.).

8. Наличие неубранных и посторонних предметов на рабочих местах, площадках и в проходах.

9. Опасность, связанная с неприменением средств коллективной защиты и средств индивидуальной защиты.

Другие виды опасностей, перечисленные в Приложении 1 к Положению о СУОТ №776н, не принимаются во внимание, так как они близки к невероятности. Например, при выполнении перечисленных монтажных работ стоит ли рассматривать опасности воздействия жидкости под давлением при выбросе или ослабления геомагнитного поля и др. [2].

Далее, используя составленный реестр опасностей и данные таблиц 1–3, производится определение уровней риска и оформляется карта оценки рисков (таблица 4).

Таблица 4

Оценочный лист (карта оценки рисков)
Рабочее место: арматурщик, бетонщик, монтажник, стропальщик, электросварщик *

№ п/п	Реестр опасностей	Характеристика событий, происходящих с данной степенью вероятности		Характеристика опасных событий по значимости (серьезности) последствий		Значение уровня риска		
		Характеристика	Вероятность	Травмы и последствия	Значимость опасного события, балл	Класс условий труда	Значение риска, балл	Уровень риска
1	Работы на высоте при отсутствии ограждений	Достоверно, опасность может произойти	0,8	Значительные последствия: смертельный несчастный случай или длительное лечение	8,0	3.4	6,4	*R4*
2	Воздействие движущихся конструкций, опалубки, приспособлений	Достоверно, опасность может произойти	0,7	Значительные последствия: смертельный несчастный случай или длительное лечение	8,0	3.3	5,6	*R4*
3	Опасность падения груза, предметов	Возможно, при отклонениях в работе может произойти	0,5	Ощутимые последствия, травма	5,0	3.1	2,5	*R3*
4	Воздействие электрического тока	Маловероятно, событие может возникнуть в присутствии нескольких факторов	0,3	Ощутимые последствия, травма	5,0	2.0	1,5	*R2*
5	Пользование инструментом и приспособлениями	Маловероятно, событие может возникнуть при стечении обстоятельств	0,3	Ощутимые последствия, травма	4,0	2	1,2	*R2*
6	Отсутствие ограждений проемов и лестничных маршей	Маловероятно, событие может возникнуть при стечении обстоятельств	0,3	Ощутимые последствия, травма	4,0	2	1,2	*R2*
7	Опасность, связанная с неприменением средств индивидуальной защиты (страховочной привязи)	Достоверно, опасность может произойти	0,8	Значительные последствия: смертельный несчастный случай, длительное лечение	8,0	3.3	6,4	*R4*
8	Неудо-влетворительные погодные условия	Маловероятно, событие возможно при стечении обстоятельств	0,25	Незначительные последствия	2,0	1.0	0,5	*R1*
9	Наличие неубранных предметов на рабочих местах	Маловероятно, событие возможно при стечении обстоятельств	0,25	Незначительные последствия (синяк, ушибы, ссадины)	2,0	1.0	0,5	*R1*

*) Комплексная бригада: все члены бригады выполняют работы, предусмотренные ПОС, ППР и ТК. Инструктаж и обучение по ОТ проводятся по всем видам работ и профессий.

Аналогично приведенному примеру осуществляется оценка профессиональных рисков на другие циклы строительного производства: подготовительные работы, работы нулевого цикла, земляные, сваебойные и др.

Предлагаемая методика может быть применена для оценки профессиональных рисков специалистами по ОТ совместно с начальниками производственных участков и прорабами без привлечения к этой работе иных экспертов и специализированных организаций.

Выводы. Разработана методика оценки профессиональных рисков, применение которой дает возможность учитывать специфику выполнения строительных работ и точно определять вероятность и последствия опасных событий, которые нельзя устранить полностью или в ближайшее время.

В процедуре управления профессиональными рисками на этапах составления реестра основных опасностей, наиболее вероятных при производстве строительно-монтажных работ и оценке риска выявленных опасных событий, выполняемых по разработанной методике, к активному участию могут быть привлечены непосредственные руководители производства работ (мастера, прорабы, начальники участков). Это повысит эффективность контроля за соблюдением требований охраны труда на всех этапах производственного цикла и обеспечит возможность оптимизации профилактических мероприятий по снижению травматизма в строительной индустрии.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации» / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // docs.cntd.ru : [сайт]. — URL: https://docs.cntd.ru/document/901807664 (дата обращения : 07.09.2021).

2. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2021 № 66318) / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // docs.cntd.ru : [сайт]. — URL: https://docs.cntd.ru/document/727092790 (дата обращения : 22.11.2021).

3. Буланова, А. В. Значение оценки профессиональных рисков в системе управления охраной труда / А. В. Буланова, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева // Безопасность техногенных и природных систем. — 2019. — № 1. — С. 2–7. 10.23947/2541-9129-2019-1-2-7

4. Widiastuti, I. E. Identification of safety risk in construction project: A systematic literature review / I. E. Widiastuti, H. H. Purba, A. Purba // Advance researches in civil engineering. — 2020. — Vol. 2, No. 3. — P. 24–40. 10.30469/ARCE.2020.117871

5. Winge, S. Causal factors and connections in construction accidents / S. Winge, E. Albrechtsen, B. A. Mostue // Safety science. — 2019. — Vol. 112 (1). — P. 130–141. 10.1016/j.ssci.2018.10.015

6. Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 796 «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // docs.cntd.ru : [сайт]. — URL: https://docs.cntd.ru/document/727784255 (дата обращения : 22.11.2021).

7. Hadyan Fahad Al-Ajmi Risk Management in Construction Projects / Hadyan Fahad Al-Ajmi, E. Makinde // Journal of Advanced Management Science. — 2018. — Vol. 6, No. 2. — P. 113–116. 10.18178/joams.6.2.113-116

8. Глебова, Е. В. Порядок допуска подрядных организаций к выполнению работ на строительной площадке / Е. В. Глебова, Э. А. Фомина, М. В. Иванова // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 2. — С. 24–28. 10.24000/0409-2961-2021-2-24-28

9. Производственный травматизм / Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации // rosstat.gov.ru : [сайт]. — URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (дата обращения : 07.09.2021).

10. ГОСТ Р 12.0.010–2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Система управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 20 с.

11. ГОСТ 12.0.230.4–2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Система управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 16 с.

12. ГОСТ Р 58771–2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва : Стандартинформ, 2020. — 90 с.

13. Приказ Минтруда России от 21.03 2019 № 77 «Об утверждении Методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда (Зарегистрировано в

Минюсте России 13.10.2016 № 44037) / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // docs.cntd.ru : [сайт]. — URL: https://docs.cntd.ru/document/554207464 (дата обращения : 07.09.2021).

14. Козырева, Л. В. Оценка безопасности металлизации деталей машин CVD-методом с применением теории риска / Л. В. Козырева // Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 5. — С. 70–75. 10.24000/0409-2961-2021-5-70-75

15. Сенченко, А. В. Проблемы использования статистики для целей оценки профессиональных рисков / А. В. Сенченко, О. В. Усикова, Г. В. Федерович // Безопасность и охрана труда. — 2020. — № 3 (84). — С. 26–28.

16. Квиткина, М. В. Анализ подходов к оценке профессиональных рисков / М. В. Квиткина, Е. В. Стасева, А. М. Сазонова // Безопасность жизнедеятельности. — 2020. — № 10 (238). — С. 8–12.

Поступила в редакцию 23.12.2021
Поступила после рецензирования 07.02.2022
Принята к публикации 08.02.2022

Об авторах:

Пузырев Алексей Михайлович, старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология» Тверского государственного технического университета (170026, РФ, г. Тверь, Наб. Аф. Никитина, д. 22), ORCID, Puzyrev-am@mail.ru

Козырева Лариса Викторовна, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология» Тверского государственного технического университета (170026, РФ, г. Тверь, Наб. Аф. Никитина, д. 22), доктор технических наук, доцент, ORCID, Larisa.v.k.176@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

А. М. Пузырев — формирование основной концепции, целей и задач исследования, проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов; Л. В. Козырева — анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов.